

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-228004

(43)Date of publication of application : 24.08.2001

(51)Int.Cl.

G01F 1/68

G01P 5/12

(21)Application number : 2000-037974

(71)Applicant : MITSUI MINING & SMELTING CO LTD

(22)Date of filing : 16.02.2000

(72)Inventor : MIYAJIMA HIROMITSU
YAMAGISHI KIYOSHI

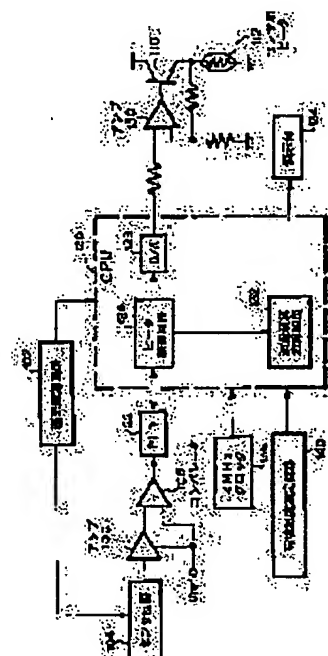
(54) THERMAL FLOWMETER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a thermal flowmeter, which can prevent changes in measured values attributed to environmental temperatures by realizing high accuracy and high control response, without making the circuit configuration complicated.

SOLUTION: A heater, applied voltage to be controlled based on an output of a sensor circuit 104 containing a thermosensitive element affected by a heater 112, is the sum of a fixed base voltage and an added voltage with varying application time within a prescribed period. An output binary signal of a comparator 108 is sampled at a prescribed cycle by a heater control circuit 124.

When counts for L level, indicating the insufficient heating of the thermosensitive element by prescribed period is within a prescribed range, and is larger than the upper limit and less than the lower limit, the counts are incremented by one step and decremented by one step in a subsequent prescribed period, while the base voltage is kept unchanged. The heater control circuit applies the applied voltage only in a period, when the comparator output binary signal gives the L level. A data interpolation is performed, using an instantaneous flow rate conversion table comprising a plurality of individual calibration curves, thereby obtaining an instantaneous flow rate value at the environmental temperature.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項1】 発熱体と、該発熱体の発熱の影響を受けるように配置され且つ流体との間の熱伝達が可能なように配置された流量検知用感温体を含んでなる流量検知回路とを備えており、

前記発熱体の発熱を該発熱体への印加電圧により制御し、前記流量検知回路の出力に基づいて前記発熱体への印加電圧を制御し、該印加電圧に基づき前記流体の流量を測定する熱式流量計であって、

前記発熱体への印加電圧は、所定期間ごとに設定され該所定期間内では値が不変のベース電圧と、一定値であって印加時間可変の加算電圧との合計からなり、

前記流量検知回路の出力を基準値と比較するコンパレータを備えており、該コンパレータからは前記感温体の加熱が不足であることを示す第1レベルとそれ以外であることを示す第2レベルとからなる2値信号が出力され、前記コンパレータの出力2値信号を所定周期でサンプリングし、前記所定期間ごとに前記第1レベルが得られた回数をカウントして当該所定期間内でのカウント値を得、該カウント値が予め定められた所定範囲内の場合には続く所定期間において前記ベース電圧の値の変更を行わず、前記カウント値が前記所定範囲の上限より大きい場合には続く所定期間において前記ベース電圧を予め定められたステップ値だけ上昇させ、前記カウント値が前記所定範囲の下限より小さい場合には続く所定期間において前記ベース電圧を前記ステップ値だけ下降させるようにし、

前記コンパレータの出力2値信号が前記第1レベルである期間のみ前記加算電圧を印加するようにし、発熱体への印加電圧と瞬時流量との関係を離散的な温度値ごとに示す複数の個別検量線からなる瞬時流量換算テーブルを用い、データ補間演算を行って、環境温度における瞬時流量値を得るようにしてなることを特徴とする熱式流量計。

【請求項2】 前記個別検量線のそれぞれは前記発熱体への印加電圧のとり得る値のうちのとびとびの値について作成されており、前記瞬時流量値を得る際にはデータ補間演算を行って発熱体への印加電圧値に対応する瞬時流量値を得るようにしてなることを特徴とする、請求項1に記載の熱式流量計。

【請求項3】 前記とびとびの値は前記発熱体への印加電圧のとり得るデジタル値の上位ビットの値が同一のものうちの最小値とされており、前記データ補間演算を行う際には、前記発熱体への印加電圧値と前記上位ビットの値が同一の第1のとびとびの値と、前記発熱体への印加電圧値より前記上位ビットの値が1だけ大きな第2のとびとびの値とについて、これらに対応する瞬時流量値を前記個別検量線を用いて得るようにしてなることを特徴とする、請求項2に記載の熱式流量計。

【請求項4】 前記加算電圧は前記ベース電圧のステッ

プ値の2～4倍であることを特徴とする、請求項1～3のいずれかに記載の熱式流量計。

【請求項5】 前記カウント値の所定範囲は、前記所定期間内でのサンプリング回数の1/2より小さく且つ0より大きい値を下限値とし、前記所定期間内でのサンプリング回数の1/2より大きく且つ前記サンプリング回数より小さい値を上限値とするものであることを特徴とする、請求項1～4のいずれかに記載の熱式流量計。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、流体流量検知技術に属するものであり、特に傍熱型の流量計に関する。

【0002】

【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】従来、各種流体特に液体の流量（あるいは流速）を測定する流量計〔流量センサー〕（あるいは流速計〔流速センサー〕）としては、種々の形式のものが使用されているが、低価格化が容易であるという理由で、いわゆる熱式（特に傍熱型）の流量計が利用されている。

【0003】この傍熱型流量計としては、基板上に薄膜技術を利用して薄膜発熱体と薄膜感温体とを絶縁層を介して積層してなるセンサーチップを配管内の流体との間で熱伝達可能なように配置したものが使用されている。発熱体に通電することにより感温体を加熱し、該感温体の電気的特性例えば電気抵抗の値を変化させる。この電気抵抗値の変化（感温体の温度上昇に基づく）は、配管内を流れる流体の流量（流速）に応じて変化する。これは、発熱体の発熱量のうちの一部分が流体中へと伝達され、この流体中へ拡散する熱量は流体の流量（流速）に応じて変化する。これに応じて感温体へと供給される熱量が変化して、該感温体の電気抵抗値が変化するからである。この感温体の電気抵抗値の変化は、流体の温度によっても異なり、このため、上記感温体の電気抵抗値の変化を測定する電気回路中に温度補償用の感温素子を組み込んでおき、流体の温度による流量測定値の変化をできるだけ少なくすることも行われている。

【0004】このような、薄膜素子を用いた傍熱型流量計に関しては、例えば、特開平11-118566号公報に記載がある。この流量計においては、流体の流量に対応する電気的出力を得るためにブリッジ回路を含む電気回路（検知回路）を使用している。

【0005】また、この特開平11-118566号公報に記載の流量計においては、流量変化に対応して発熱体へ印加する電圧を変化させることで該発熱体の発熱状態を変化させて、感温体が所定の温度（加熱状態）を維持するようにし、その際に発熱体へ印加される電圧に基づき流量値を得るようにしている。

【0006】ところで、流量計が使用される環境温度は幅広いものであり、例えば、寒冷地で使用される場合には流量計の温度は5℃以下となる場合があり、温暖地で

使用される場合には流量計の温度は35℃以上となる場合がある。また、同一地において使用される場合であっても、昼夜の別などに応じて、流量計の環境温度は異なる。従って、以上のようにして発熱体へ印加される電圧に基づき流量値を得る際には、温度変化により流量計の電気回路の特性が変化することに起因して、環境温度に応じて測定値が変化するという問題点があった。

【0007】本発明は、以上のような傍熱型流量計での発熱体への印加電圧の制御を改善し、回路構成を複雑化することなく高い精度及び高い制御応答性を実現することにある。

【0008】また、本発明は、以上のような傍熱型流量計での環境温度による測定値の変動を防止し流量計の一層の高精度化をはかることにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、以上の如き目的を達成するものとして、発熱体と、該発熱体の発熱の影響を受けるように配置され且つ流体との間の熱伝達が可能のように配置された流量検知用感温体を含んでなる流量検知回路とを備えており、前記発熱体の発熱を該発熱体への印加電圧により制御し、前記流量検知回路の出力に基づいて前記発熱体への印加電圧を制御し、該印加電圧に基づき前記流体の流量を測定する熱式流量計であって、前記発熱体への印加電圧は、所定期間ごとに設定され該所定期間内では値が不変のベース電圧と、一定値であって印加時間可変の加算電圧との合計からなり、前記流量検知回路の出力を基準値と比較するコンパレータを備えており、該コンパレータからは前記感温体の加熱が不足であることを示す第1レベルとそれ以外であることを示す第2レベルとからなる2値信号が出力され、前記コンパレータの出力2値信号を所定周期でサンプリングし、前記所定期間ごとに前記第1レベルが得られた回数をカウントして当該所定期間内でのカウント値を得、該カウント値が予め定められた所定範囲内の場合には続く所定期間において前記ベース電圧の値の変更を行わず、前記カウント値が前記所定範囲の上限より大きい場合には続く所定期間において前記ベース電圧を予め定められたステップ値だけ上昇させ、前記カウント値が前記所定範囲の下限より小さい場合には続く所定期間において前記ベース電圧を前記ステップ値だけ下降させるようにし、前記コンパレータの出力2値信号が前記第1レベルである期間のみ前記加算電圧を印加するようにし、発熱体への印加電圧と瞬時流量との関係を離散的な温度値ごとに示す複数の個別検量線からなる瞬時流量換算テーブルを用い、データ補間演算を行って、環境温度における瞬時流量値を得るようにしてなることを特徴とする熱式流量計、が提供される。

【0010】本発明の一態様においては、前記個別検量線のそれぞれは前記発熱体への印加電圧のとり得る値のうちのとびとびの値について作成されており、前記瞬時

流量値を得る際にはデータ補間演算を行って発熱体への印加電圧値に対応する瞬時流量値を得るようにしてなる。本発明の一態様においては、前記とびとびの値は前記発熱体への印加電圧のとり得るデジタル値の上位ビットの値が同一のもののうちの最小値とされており、前記データ補間演算を行う際には、前記発熱体への印加電圧値と前記上位ビットの値が同一の第1のとびとびの値と、前記発熱体への印加電圧値より前記上位ビットの値が1だけ大きな第2のとびとびの値とについて、これらに対応する瞬時流量値を前記個別検量線を用いて得るようにしてなる。

【0011】本発明の一態様においては、前記加算電圧は前記ベース電圧のステップ値の2～4倍である。本発明の一態様においては、前記カウント値の所定範囲は、前記所定期間内でのサンプリング回数の1/2より小さく且つ0より大きい値を下限値とし、前記所定期間内でのサンプリング回数の1/2より大きく且つ前記サンプリング回数より小さい値を上限値とするものである。

【0012】

20 【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を、図面を参照しながら説明する。

【0013】図1は本発明の流量計の一実施形態を示す回路図であり、図2及び図3はその部分詳細図である。また、図4は本実施形態の流量計の流量検知部分の断面図であり、図5は流量検知ユニットの断面図である。

30 【0014】図4に示されているように、アルミニウムなどの熱伝導性良好な材質からなるケーシング部材20には流体流通路20aが形成されている。流通路20は下側部分が不図示の流体流入開口に連なっており上側部分が不図示の流体流出開口に連なっており、流体流入開口から流入した流体は流通路20aを上向きに流通し流体流出開口から流出する（流通方向が矢印で示されている）。

40 【0015】ケーシング部材20には、流通路20aに臨むようにして流量検知ユニット24及び流体温度検知ユニット26が取り付けられている。図5に示されているように、流量検知ユニット24において、流量検知部42が熱伝達部材たるフィンプレート44の表面に熱伝導性良好な接合材46により接合され、流量検知部42の電極パッドと電極端子48とがボンディングワイヤ50により接続されており、流量検知部42及びボンディングワイヤ50並びにフィンプレート44の一部及び電極端子48の一部が合成樹脂製ハウジング52内に収容されている。流量検知部42は、例えばシリコンやアルミナなどからなる厚さ0.4mm程度で2mm角程度の矩形基板上に、薄膜感温体及び薄膜発熱体を互いに絶縁して形成したチップ状のものからなる。

50 【0016】尚、流体温度検知ユニット26は、上記流量検知ユニット24における流量検知部42の代わりに流体温度検知部を用いたものに相当する。流体温度検知

ユニット26において、流量検知ユニット24のものと対応する部材は、同一の符号に「'」を付して示す。流体温度検知部は、流量検知部42から薄膜発熱体を除去したと同様な構成を持つ。

【0017】流量検知ユニット24及び流体温度検知ユニット26のハウジング52、52'から突出せるフィンプレート44、44'の端部は、ケーシング部材20の流通路20a内に延出している。フィンプレート44、44'は、ほぼ円形の断面を持つ流通路部分8内において、その断面内の中央を通して延在している。フィンプレート44、44'は、流通路20a内における流体の流通方向に沿って配置されているので、流体流通に大きな影響を与えることなく、流量検知部42及び流体温度検知部42'と流体との間で良好に熱を伝達することが可能である。

【0018】図4に示されているように、流量検知ユニット24及び流体温度検知ユニット26の電極端子48、48'の先端部は、ケーシング部材20に取り付けられた回路基板60を貫通しており、該回路基板60上に形成されている流量計電気回路部と接続されている。この流量計電気回路部は、この位置での温度（環境温度）を測定するための環境温度測定回路（図4には示されていない）を有している。この環境温度測定回路は、例えば白金抵抗体などの感温抵抗体を用いて構成することができ、環境温度（主として外部温度と流体温度との影響により決まる）に対応した電気信号を出力する。ケーシング部材20には保護カバー62が取り付けられており、これにより回路基板60が保護されている。

【0019】さて、図1に示されているように、基準電源回路102からセンサ回路（検知回路）104へと直流電圧が供給される。センサ回路104は、図3に示されているように、ブリッジ回路からなっている。このブリッジ回路104は、流量検知ユニット24の流量検知用薄膜感温体104-1と流体温度検知ユニット26の流体温度補償用薄膜感温体104-2と抵抗体104-3、104-4とを含んでなる。ブリッジ回路104のa、b点の電位Va、Vbが差動増幅回路（アンプ）106へと入力され、該差動増幅回路106の出力がコンパレータ108に入力される。該コンパレータ108からはアンプ106の出力電圧信号と基準電圧（Vref）との比較結果が2値信号として出力され、アンプ106の出力電圧信号が基準電圧（Vref）より低い場合にはロー（L）レベル【第1レベル】が出力され同一または高い場合にはハイ（H）レベル【第2レベル】が出力される。

【0020】一方、基準電源回路102からの直流電圧は、図1に示されているように、上記流量検知ユニット24の薄膜発熱体112へ供給される電流を制御するためのトランジスタ110を介して、薄膜発熱体112へと供給される。即ち、流量検知部24において、薄膜発

熱体112の発熱に基づき、フィンプレート44を介して被検知流体による吸熱の影響を受けて、薄膜感温体104-1による感温が実行される。そして、該感温の結果として、図3に示すブリッジ回路104のa、b点の電位Va、Vbの差が得られる。

【0021】（Va-Vb）の値は、流体の流量に応じて流量検知用感温体104-1の温度が変化することで、変化する。予めブリッジ回路104の特性を適宜設定し、コンパレータ108の基準（Vref）を適宜設定することで、薄膜感温体104-1の加熱状態が所定の場合（即ち薄膜感温体104-1の温度が所定値の場合）にアンプ106の出力電圧信号がコンパレータ基準電圧（Vref）となるようにすることができる。換言すれば、コンパレータ基準電圧（Vref）は、薄膜感温体104-1が所定の加熱状態にある時にアンプ106から得られる出力電圧の値と同一になるように設定される。

【0022】流体流量が増減するとコンパレータ108の出力は変化する。このコンパレータ108の出力を用いて、薄膜発熱体（センサ用ヒータ）112の発熱が制御される。この薄膜発熱体112の発熱を制御し、更に流量算出演算を行うために、CPU120が用いられる。図1に示されているように、コンパレータ108の出力はPLD122を介してCPU120のヒータ制御回路124へと入力される。該ヒータ制御回路124の出力はD/Aコンバータ128によりアナログ信号に変化され、アンプ130に入力され、該アンプ130の出力電圧信号が上記トランジスタ110のベースへと入力される。一方、ヒータ制御回路124からはCPU120内の流量積算演算回路132へと信号が伝達され、該流量積算演算回路132から演算結果などが表示部134へと出力され、表示部134において必要な表示がなされる。

【0023】図2に示されているように、PLD122は同期回路122aとエッジ検出回路122bと125カウンタ122cとを有する。また、ヒータ制御回路124は、“L”レベルカウンタ124aと比較回路124bとヒータ電圧回路124cとを有する。

【0024】CPU120には4MHzクロック回路136からクロック信号が入力され、このクロック信号はCPU120内の分周回路138により1MHzクロックに変換され、PLD122内の125カウンタ122c及びヒータ制御回路124内の“L”レベルカウンタ124aに入力される。

【0025】上記コンパレータ108の出力は、PLD122を経た後に“L”レベルカウンタ124aに入力され、ここで1μsecの周期（所定周期）ごとにサンプリングされ、125カウンタ122cにより設定された125μsecの期間（所定期間）内に“L”レベルが何回あらわれるかがカウントされる。このカウントで

得られたカウント値のデータ(カウントデータCD)は、比較回路124bにされ、ここで予め定められた所定範囲との比較がなされる。この所定範囲は、125μsecの所定期間内でのサンプリング回数の1/2(62.5)より小さく且つ0より大きい値(例えば43)を下限値とし、125μsecの所定期間内でのサンプリング回数の1/2より大きく且つサンプリング回数(125)より小さい値(例えば82)を上限値とするものとしてすることができる。

【0026】ところで、ヒータ電圧回路124cでは、センサ用ヒータ112への印加電圧制御のためにトランジスタ130にされる制御電圧[これはヒータ112への印加電圧に対応しているので、本明細書ではヒータ印加電圧と同義に用いることがある]は、ベース電圧(Eb)と加算電圧(Ec)との合計からなる。ベース電圧は所定のステップ値ごとに予め設定された離散値のうちから選択され各所定期間内では値が不変であり、これによりヒータ発熱の粗制御がなされる。加算電圧は一定値であって印加の時間または時期は可変であり、これによりヒータ発熱の微制御がなされる。加算電圧はベース電圧ステップ値の2~4倍とするのが適当である。

【0027】比較回路124bでは、カウントデータCDが下限値Nd以上で上限値Nu以下の場合には、ヒータ電圧回路124cに対して、次の所定期間において前回のベース電圧をそのまま保持することを指示する。また、カウントデータCDが下限値Nd未満の場合には、ヒータ電圧回路124cに対して、次の所定期間においてベース電圧を前回のベース電圧値から1ステップ値だけ低下させることを指示する。また、カウントデータCDが上限値Nuを越える場合には、ヒータ電圧回路124cに対して、次の所定期間においてベース電圧を前回のベース電圧値から1ステップ値だけ上昇させることを指示する。

【0028】一方、コンパレータ108の出力は、PLD122を経た後に、ヒータ電圧回路124cにされる。この入力信号に基づき、ヒータ電圧回路124cでは、入力信号が“L”レベルに維持されている期間中は加算電圧(Ec)の印加を行い、それ以外の期間中は加算電圧(Ec)の印加を行わないようにする。

【0029】以上のようなヒータ電圧制御について、図6のタイムチャートを用いて更に具体的に説明する。

【0030】図6において、ブリッジ回路104に接続されたアンプ106の出力信号(コンパレータ108への入力信号)とコンパレータ108の基準電圧(Vref)との関係の時間変化が示されており、これに対応するコンパレータ108の出力信号の変化が示されている。また、これに対応して、125μsecごとに“L”レベルカウンタ124aで得られ比較回路124bへとされるカウントデータCDの変化が示されている。また、これに対応して、ヒータ印加電圧(Eh)

の時間変化が示されている。また、これに対応して、実際の流量の時間変化が模式的に示されている。

【0031】比較回路124bで設定されている下限値Nd及び上限値Nuは、Nd=43、Nu=82であるとする。43≤CD≤82の場合には、比較回路124bからの指示により、ヒータ電圧回路124cでは、カウントデータCDを得た所定期間に続く次の125μsecの所定期間中ベース電圧Ebを直前の所定期間の値のまま保持し変更しない。CD<43の場合には、比較回路124bからの指示により、ヒータ電圧回路124cでは、カウントデータCDを得た所定期間に続く次の125μsecの所定期間中ベース電圧Ebを直前の所定期間の値から1ステップ電圧値(ここでは10mV)だけ低下させる。CD>82の場合には、比較回路124bからの指示により、ヒータ電圧回路124cでは、カウントデータCDを得た所定期間に続く次の125μsecの所定期間中ベース電圧Ebを直前の所定期間の値から1ステップ電圧値(10mV)だけ上昇させる。

【0032】一方、ヒータ電圧回路124cでは、コンパレータ108の出力信号が“L”レベルである期間中は所定の加算電圧(Ec:ここでは30mV)を印加し、コンパレータ108の出力信号が“H”レベルである期間中は加算電圧を印加しない。

【0033】以上のように、本実施形態では、所定期間内で得られるカウントデータCDに基づきそれに続く所定期間内のベース電圧を適切に設定し、更にコンパレータの出力に応じて加算電圧印加期間を適宜設定するという2種類の制御を組み合わせることで、簡単な装置構成で、制御の応答性が高められ、流量測定の精度が高められ、熱ヒステリシスが低減される。

【0034】尚、上記の所定期間、所定周期、ベース電圧ステップ値及び加算電圧値等は、予想される最大の流量変化を考慮して、それに対処し得るように適宜設定することができる。

【0035】以上のようにして、流体流量の変化に関わらず、常に流量検知用感温体104-1の温度が所定値となる(即ち流量検知用感温体104-1の加熱状態が所定のものとなる)ように、薄膜発熱体112の発熱が制御される。そして、その際に薄膜発熱体112に印加される電圧(ヒータ印加電圧)は流体流量に対応している。それを図1及び図2に示されている流量積算演算回路132において流量出力として取り出す。例えば0.5secごとに瞬時流量を出力し、この瞬時流量を積算することで積算流量を得る。

【0036】即ち、図2に示されているように、“L”レベルカウンタ124aから得られる各所定期間のカウントデータCDの値に基づき0.5秒間に印加される加算電圧Ecの積算値(ΣEc)を得、またヒータ電圧回路124cから得られるベース電圧値Ebに基づき0.5秒間に印加されるベース電圧Ebの積算値(ΣEb)

を得、これらの合計値 ($\Sigma E_c + \Sigma E_b = \Sigma E_h$) を得る (図7参照)。この合計値はとびとびの (離散的な) 値 (本実施形態では29ビットのデジタル値で表される) のうちのいずれかをとり、この値を、予め測定され記憶されている検量線 (瞬時流量換算テーブル) を用いて瞬時流量値に換算する。この瞬時流量換算テーブルは、ヒータ印加電圧の0.5秒間の積算値と流量との関係を示すデータテーブルである。

【0037】本実施形態においては、瞬時流量換算テーブルは、とびとびの温度ごとに作成された複数の個別検量線よりなる。このような瞬時流量換算テーブルの一例を図8に示す。図8には、4つの離散的な温度 $t_1 \sim t_n$ (5℃、15℃、25℃及び35℃) についての個別検量線 $T_1 \sim T_n$ が示されている。図8では、各検量線が連続した線として描かれているが、これは説明の便宜上のことであり、実際には、図8に示されているとびとびのヒータ印加電圧値 (0.5秒間の積算値) $\dots \cdot E_{A_{n-1}}, E_{A_n}, E_{A_{n+1}}, E_{A_{n+2}} \dots$ と瞬時流量との対応関係を示すものである。本実施形態では、瞬時流量換算テーブルは、上記の可能なヒータ印加電圧積算値の全てについての関係を示すものではなく、この可能なヒータ印加電圧積算値を高低順に複数のグループごとに区分し、これら各グループごとにそれらの最小値を $\dots \cdot E_{A_{n-1}}, E_{A_n}, E_{A_{n+1}}, E_{A_{n+2}} \dots$ として代表させている。これらのとびとびの代表値は、ヒータ印加電圧のとり得るデジタル値の上位8ビットの値が同一のもののうちの最小値とすることができる。この場合、256個の代表値が設けられることになる。

【0038】一方、図1及び図2に示されているように、環境温度測定回路140からはA/Dコンバータ1*

$$F_{A_b} = (F_{A_n} - F_{A_b}) \cdot (\Sigma E_h - E_{A_n}) / (E_{A_{n+1}} - E_{A_n}) + F_{A_b} \quad \dots \dots (1)$$

$$F_{A_b} = (F_{A_n} - F_{A_b}) \cdot (\Sigma E_h - E_{A_n}) / (E_{A_{n+1}} - E_{A_n}) + F_{A_b} \quad \dots \dots (2)$$

を用いる (S4)。

【0044】次に、 F_{A_b} 、 F_{A_n} から、データ補間演算に※

$$F_t = (F_{A_b} - F_{A_n}) \cdot (t - T_n) / (T_{n+1} - T_n) + F_{A_n} \quad \dots \dots (3)$$

を用いる (S5)。

【0045】以上のようにしてデータ補間演算を行って環境温度での瞬時流量値 F_t を得ることで、瞬時流量換算テーブルのデータ容量を低減することができ、しかも環境温度による測定誤差の極めて少ない瞬時流量測定を行うことが可能となる。図10に、本実施形態の流量計を用いて得られた、流量ごとの測定誤差 (表示誤差) の測定結果の一例を示す。図10から、誤差 $\pm 1\%$ 以内の

*42を介して流量積算演算回路132へと環境温度値 (例えば10ビットのデジタル値で表される) t が入力される。

【0039】そして、流量積算演算回路132では、以上のような瞬時流量換算テーブルを用いて、カウントデータ値 C_D 、ベース電圧値 E_b 及び環境温度値 t に基づき、図9で示されるような手順によりデータ補間演算を行って瞬時流量値を得る。

【0040】即ち、まず、0.5秒間での加算電圧 E_c の積算値とベース電圧 E_b の積算値との合計値であるヒータ印加電圧値 $\Sigma E_h (= \Sigma E_c + \Sigma E_b)$ を演算により得る (S1)。

【0041】次に、測定された環境温度値 t (図8の例では22℃) について $t_n \leq t < t_{n+1}$ となる個別検量線 T_n, T_{n+1} (図8の例では $n=2$; 即ち T_2, T_3 、 $t_2=15^\circ\text{C}$ 、 $T_3, t_3=25^\circ\text{C}$) を選択する (S2)。

【0042】次に、 $E_{A_n} \leq \Sigma E_h < E_{A_{n+1}}$ となる電圧値 $E_{A_n}, E_{A_{n+1}}$ を得る。即ち、 ΣE_h の上位8ビットの値 (図8の例では [10110100]) のグループの代表値 E_{A_n} と、 ΣE_h の上位8ビットの値に“1”加算した値 (図8の例では [10110101]) のグループの代表値 $E_{A_{n+1}}$ とを得る。そして、電圧値 $E_{A_n}, E_{A_{n+1}}$ を個別検量線 T_n, T_{n+1} 上の瞬時流量値 F_n, F_{n+1} へと換算する (S3)。

【0043】次に、 F_n, F_{n+1} から、データ補間演算により ΣE_h に対応する T_n, T_{n+1} 上の瞬時流量値 $F_{A_n}, F_{A_{n+1}}$ を得る。この際には、以下の式 (1)、(2)

※より環境温度値 t の場合の ΣE_h に対応する瞬時流量値 F_t を得る。この際には、以下の式 (3)

高精度が得られたことが分かる。

【0046】尚、流量積算演算回路132では、上記のように、得られた瞬時流量値を積分することで、積算流量値を得る演算をも行う。

【0047】以上のようにして得られた瞬時流量値及び積算流量値などの流量出力は、表示部134により表示される。尚、CPU120からの指令により、瞬時流量値及び積算流量値を適宜メモリに記憶させるようにする

ことができ、更に、電話回線その他のネットワークからなる通信回線を介して外部へと伝送させるようにすることができる。

【0048】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、所定期間内で得られるカウント値に基づきそれに続く所定期間内のベース電圧を適切に設定し、更にコンパレータの出力に応じて加算電圧印加期間を適宜設定するという2種類の制御を組み合わせることで、回路構成を複雑化することなく、ヒータ制御の応答性が高められ、流量測定の精度が高められ、熱ヒステリシスが低減される。

【0049】更に、本発明によれば、データ補間演算を行って環境温度での瞬時流量値を得ることで、瞬時流量換算テーブルのデータ容量を低減することができ、環境温度による測定値の変動を防止して極めて高い精度の流量測定を行うことが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の流量計の一実施形態を示す回路図である。

【図2】図1の回路図の部分詳細図である。

【図3】図1の回路図の部分詳細図である。

【図4】流量計の流量検知部分の断面図である。

【図5】流量検知ユニットの断面図である。

【図6】ヒータ電圧制御を説明するためのタイムチャートである。

【図7】ヒータ電圧の変化と流量値の算出を示すタイムチャートである。

*【図8】瞬時流量換算テーブルの説明図である。

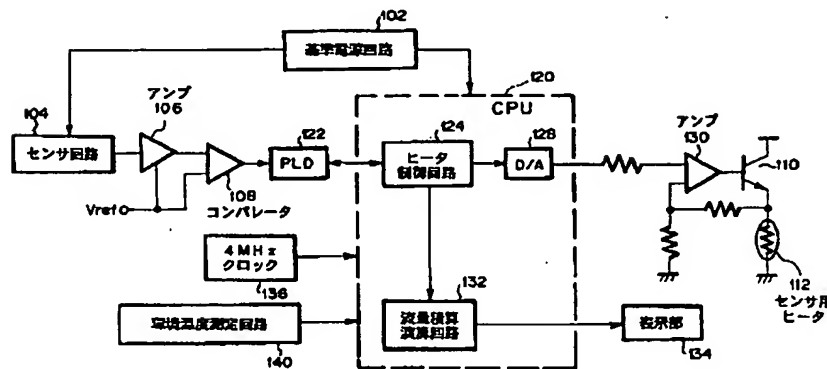
【図9】流量計の流量積算演算回路の動作説明のためのフローチャートである。

【図10】流量計の誤差の測定データを示す図である。

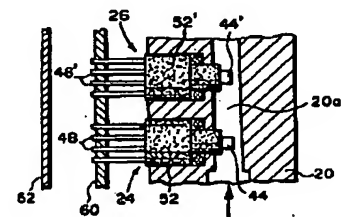
【符号の説明】

- 20 ケーシング部材
- 20a 流体流通路
- 24 流量検知ユニット
- 26 流体温度検知ユニット
- 42 流量検知部
- 44, 44' フィンプレート
- 46 接合材
- 48, 48' 電極端子
- 50 ボンディングワイヤ
- 52, 52' ハウジング
- 60 回路基板
- 62 保護カバー
- 104 ブリッジ回路
- 104-1 流量検知用薄膜感温体
- 104-2 温度補償用薄膜感温体
- 104-3, 104-4 抵抗体
- 106 差動増幅回路(アンプ)
- 108 コンパレータ
- 110 トランジスタ
- 112 薄膜発熱体(ヒータ)
- 130 アンプ

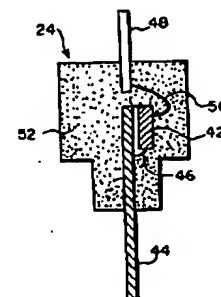
【図1】



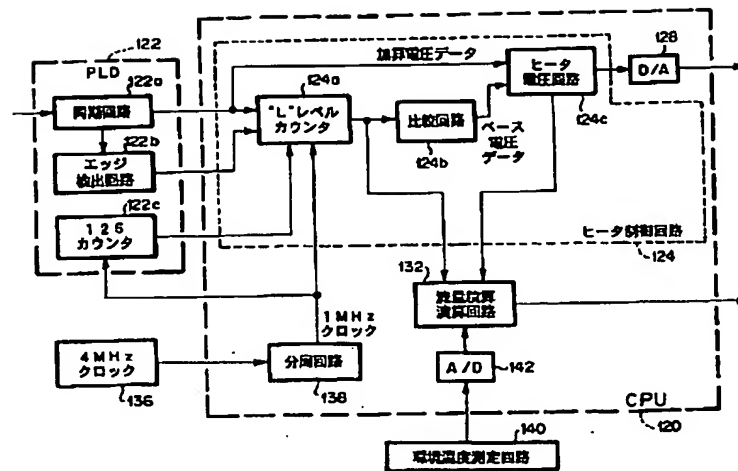
【図4】



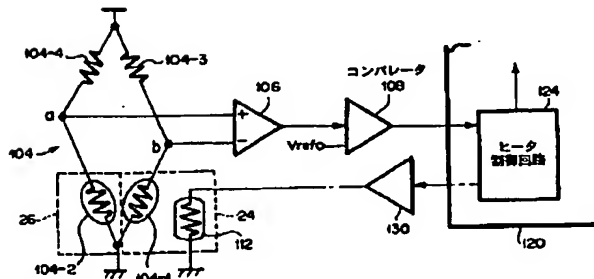
【図5】



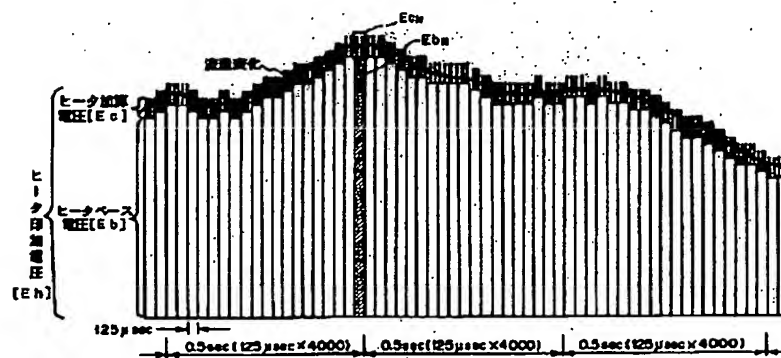
【図2】



【図3】

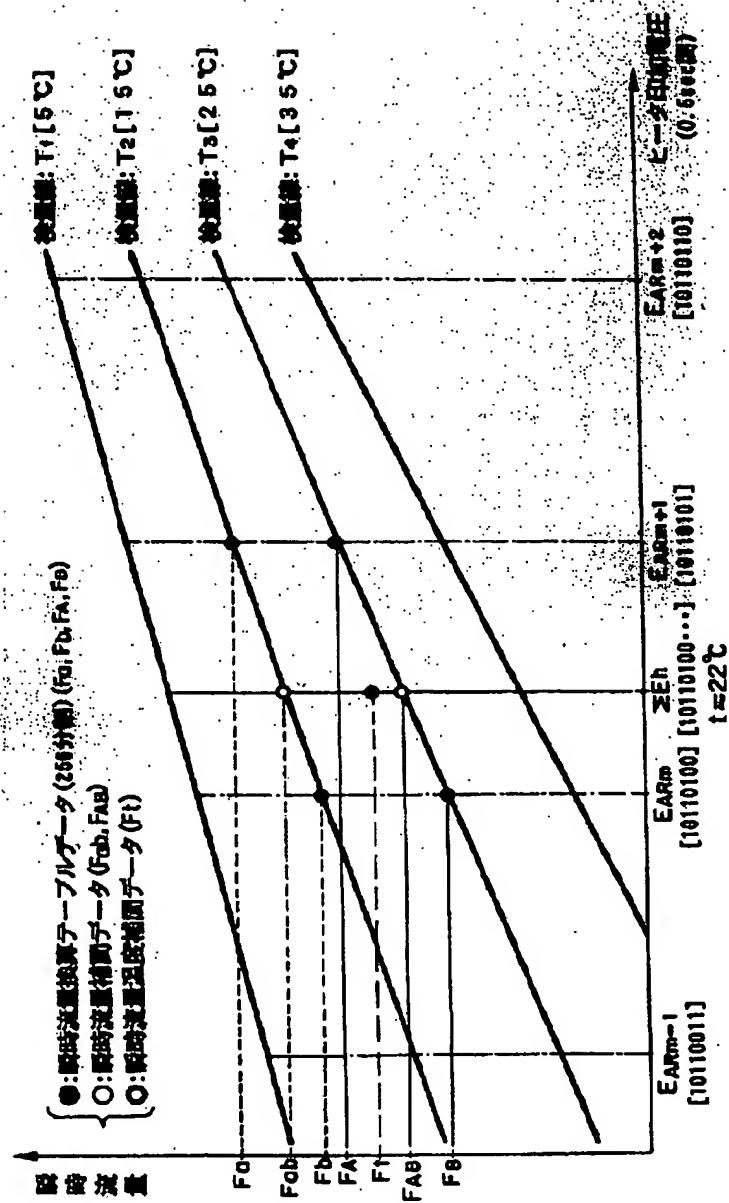


【図7】

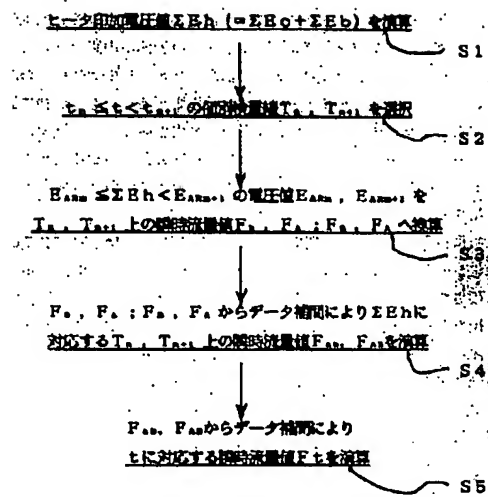


[illegible]

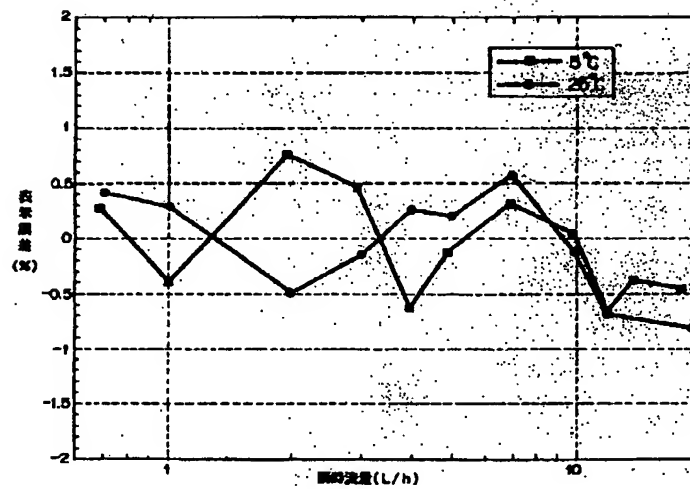
【図8】



【図9】



【図10】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☒ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.